

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS

Fluidique Energétique Environnement

Session 2005

Durée : 4 heures
Coefficient : 4

Matériel autorisé :

Usage autorisé de calculatrices autonomes conformes à la circulaire Ref : C. n°99-186 du 16-11-1999

Les documents suivants sont à rendre avec les copies et seront associés aux parties correspondantes :

annexe 2	page 8 / 17	pour la partie n°5 ;
annexe 4	page 9 / 17	pour la partie n°2 ;
annexe 5	page 10 / 17	pour la partie n°3 ;
annexe 7	page 11 / 17	pour la partie n°3 ;
annexe 9	page 13 / 17	pour la partie n°5.

(Les documents rendus seront numérotés de 1/n à n/n, n étant le nombre de feuilles rendues, y compris les documents réponse à compléter.)

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet comporte 17 pages en plus de cette pochette.

Un formulaire et certaines données complémentaires figurent des pages 14 à 17.

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS		Session 2005
Fluidique – énergétique – environnement		FEE2FLU
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	

Etude des équipements d'un centre commercial

Le dossier proposé va vous permettre d'étudier les installations techniques d'un centre commercial situé en région Nord. Celui-ci comporte une importante galerie marchande regroupant un ensemble de boutiques.

Le système retenu pour assurer le chauffage et/ou le rafraîchissement des boutiques (que nous nommerons aussi cellules) est basé sur l'utilisation d'unités autonomes réversibles (Pompes à Chaleur : P.A.C.) disposées dans chaque cellule. Ce système est également appelé « **Pompes à Chaleur réversibles sur boucle d'eau** ».

✓ **Principe de fonctionnement Système décentralisé sur boucle d'eau**

Se référer au schéma de principe fourni en annexe 1.

Les pompes à chaleur eau/air couvrent les besoins en chaud et en froid des différentes boutiques en puisant ou en rejetant les calories dans une boucle d'eau dont la température est maintenue entre une limite basse et une limite haute. Le raccordement au circuit hydraulique se fait par boucle de Tichelmann.

L'intérêt énergétique d'un tel système résulte de l'équilibre, le plus longtemps maintenu, entre les besoins simultanés en chauffage et en rafraîchissement de l'ensemble desservi. Celui-ci est optimal lorsque les calories nécessaires au fonctionnement des unités en mode chauffage sont compensées par celles rejetées par les P.A.C. utilisées en mode rafraîchissement.

En dehors de cette situation d'équilibre :

- soit l'excédent de chaleur est évacué de la boucle à l'aide de la tour de refroidissement ;
- soit le défaut de chauffage est comblé par les chaudières.

Le renouvellement d'air hygiénique est assuré, quant à lui, par une centrale de traitement d'air double flux. Ce dispositif autorise ainsi une filtration efficace de l'air neuf (A.N.) et une récupération d'énergie sur l'air repris (A.R.).

✓ **Temps estimatif et composition du sujet**

Cette étude comporte cinq parties indépendantes :

- Partie n°1 – Etude thermique d'un récupérateur de chaleur sur la C.T.A. double flux ;
- Partie n°2 – Etude hydraulique du circuit « tour de refroidissement » ;
- Partie n°3 – Etude de la production frigorifique des PAC ;
- Partie n°4 – Etude acoustique d'une cellule ;
- Partie n°5 – Etude de la climatisation.

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS		Session 2005
Fluidique – énergétique – environnement		FEE2FLU
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page 1 sur 17

Partie n°1 – Echange de chaleur dans le récupérateur de la C.T.A.

Cette première étude concerne une la centrale de traitement d'air. Un schéma de cette centrale vous est fournie en **annexe 2**.

Cette C.T.A. est de type double flux. Elle est équipée d'un récupérateur aéraulique qui assure un échange de chaleur entre l'Air Neuf (A.N.) et l'Air Repris (A.R.). Le modèle installé est un échangeur à plaques à courant croisés (**sans brassage sur les deux fluides**).

On se propose de déterminer les caractéristiques des fluides, d'évaluer les performances de l'appareil et d'étudier une variante.

✓ Hypothèses à considérer

Le rendement d'échange est égal à 100%.

Les débits massiques coté Air Neuf et Air Repris sont sensiblement identiques.

✓ Données de calcul

Température d'entrée d'Air Neuf :	-9 [°C]
Température d'entrée d'Air Repris :	19 [°C]
Débits massiques sur les deux veines d'air :	12000 [kg.h ⁻¹]
Coefficient global d'échange :	200 [W.m ⁻² .K ⁻¹]
Chaleur spécifique de l'air :	1005 [J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]

✓ Travail demandé

I - L'échangeur installé possède une surface d'échange égale à 21 [m²].

I – 1 – Calculer son efficacité et en déduire la puissance d'échange.

I – 2 – Déterminer les températures en sortie d'échangeur sur les deux veines d'air.

II – La température de sortie de l'Air Neuf après le récupérateur est jugée insuffisante. Pour récupérer plus d'énergie, on envisage, en variante, de préchauffer cet air jusqu'à 10 [°C]. Il nous faut donc redimensionner l'échangeur.

II – 1 – Calculer la nouvelle puissance échangée.

II – 2 – Evaluer en conséquence la nouvelle surface à mettre en oeuvre.

✓ Remarque

La méthode de calcul à utiliser est laissée à la libre initiative du candidat en fonction des données et des abaques disponibles.

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS		Session 2005
Fluidique – énergétique – environnement		FEE2FLU
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page 2 sur 17

Partie n°2 – Etude hydraulique du circuit « tour de refroidissement »

Cette seconde étude porte sur le circuit hydraulique entre l'échangeur de chaleur et la tour de refroidissement.

Le circuit dissipatif de la boucle d'eau est constitué par un échangeur dont le secondaire est raccordé à une tour de refroidissement ouverte. Une pompe, ainsi que des équipements complémentaires (filtres vannes, etc.) sont installés sur le circuit d'eau conformément au schéma de principe fourni en annexe 3.

Des calculs préliminaires et les données constructeur ont permis de déterminer les pertes de charge des différents tronçons. On souhaite vérifier la pertinence du choix de la pompe, préciser le modèle choisi et s'assurer de son bon fonctionnement vis à vis du phénomène de cavitation.

✓ Hypothèses à considérer

Les pertes thermiques dans les tuyauteries sont négligées.

La surface du plan d'eau de la tour est suffisamment grande pour considérer la vitesse de l'eau à la surface comme nulle.

✓ Données de calcul

Puissance à évacuer :	560 [kW]
Régime d'eau Entrée / Sortie de tour :	32/27 [°C]
Tuyauterie :	139,7 - 4
Pertes de charge :	Voir en annexe 3 du sujet
Données géométriques :	Voir en annexe 3 du sujet
Accélération terrestre :	$g = 10 \text{ [m.s}^{-2}\text{]}$
Pression de vapeur saturante à 27 [°C]	$P_{vs} = 3564 \text{ [Pa]}$ (en pression absolue)

✓ Travail demandé

I – Dimensionnement la pompe

I – 1 – Calculer le débit volumique ainsi que la vitesse de l'eau dans le circuit.

I – 2 – En appliquant le théorème de Bernoulli, calculer la hauteur manométrique de la pompe sachant que la pression nécessaire en entrée de tour est de 30 [kPa] (condition de bonne pulvérisation).

I – 3 – Déterminer à l'aide du courbier de pompe joint en annexe 4, le modèle qu'il faut choisir pour répondre aux caractéristiques du réseau. Repérer le point de fonctionnement.

II – Comportement du circulateur vis à vis du phénomène de cavitation

II – 1 – Déterminer la pression à l'aspiration de la pompe.

II – 2 – Déterminer le NPSH disponible et conclure sur le risque de cavitation.

II – 3 – Quels facteurs peuvent contribuer à provoquer ce phénomène ?

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS		Session 2005
Fluidique – énergétique – environnement		FEE2FLU
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page 3 sur 17

Partie n°3 – Etude de la production frigorifique des PAC

L'unité autonome réversible mise en place dans chaque boutique possède un circuit frigorifique équipé d'une vanne 4 voies d'inversion de cycle autorisant ainsi son fonctionnement en mode « chauffage » ou en mode « refroidissement » conformément à l'annexe 6.

On se propose d'étudier les caractéristiques énergétiques de la machine dans ce dernier cas, c'est à dire lorsque l'énergie est rejetée sur la boucle d'eau. On dispose pour cela des données constructeur et de relevés sommaires.

✓ Hypothèses à considérer

Ecarts de température dans les échangeurs :

température d'entrée d'air - température d'évaporation = 18 [K] ;

température de condensation - température d'entrée d'eau = 12,6 [K].

Sous refroidissement au condenseur : 6 [K].

Conduite liquide : 3 [K] de sous-refroidissement supplémentaire, pas de pertes de charge.

Conduite gazeuse : sans pertes de charge ni échauffement.

✓ Valeurs relevées

Avertissement : les valeurs de pression fournies correspondent à la lecture aux manomètres

Température et pression relevées à l'aspiration compresseur : 10 [°C] et 4,5 [bar]

Température et pression relevées au refoulement compresseur : 75 [°C] et 16 [bar]

✓ Données constructeur

Le fluide frigorigène est du R22.

Caractéristiques reprises dans la documentation :

Puissance frigorifique totale : 16970 [W]

Puissance frigorifique sensible : 12000 [W]

Dans les conditions suivantes :

Température d'entrée d'eau dans l'échangeur : 29,4 [°C] ;

Température sèche d'entrée d'air dans la batterie froide : 24 [°C] ;

Température humide d'entrée d'air dans la batterie froide : 17,8 [°C] ;

Débit d'air brassé par la P.A.C. ($\rho = 1,2$ [kg.m⁻³]) : 1,133 [m³.s⁻¹].

✓ Travail demandé

1 - Les unités ont été installées, il y a une dizaine d'années. Compte tenu de la particularité du R22 (Hydrogène – Chlore – Fluor - Carbone), que préconisez vous en cas de remplacement de celles-ci. Justifier votre réponse.

2 - Tracer le cycle frigorifique sur le diagramme joint en **Annexe 5**.

3 - Compléter le tableau de valeurs des points remarquables (cases laissées en clair) du cycle sur l'**Annexe 7**.

4 - Calculer le débit massique du fluide frigorigène et le débit volumique à l'aspiration du compresseur.

5 - Calculer la puissance évacuée sur la boucle d'eau pour chaque PAC.

6 - Déterminer les caractéristiques de l'air en sortie de batterie à l'aide du diagramme de l'air humide.

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS		Session 2005
Fluidique – énergétique – environnement		FEE2FLU
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page 4 sur 17

Partie n°4 – Etude acoustique d'une cellule

Pour cette partie, on désire estimer le niveau de pression acoustique en un point du magasin et le comparer au niveau ISO 35 recommandé.

Le constructeur de la pompe à chaleur (PAC) nous indique des niveaux de pression et des calculs préalables ont été réalisés au niveau des bouches. Le **plan du local** est disponible en **Annexe 8**.

✓ Hypothèses à considérer

Le niveau de puissance acoustique des bouches d'amenée d'air neuf est négligeable.

✓ Données de calculs :

Hauteur sous plafond : 3,00 [m].
Surface absorbante « S » du local : 375 [m²].
Point d'écoute « P » à 1,80 [m] du sol.
Centre de la bouche de reprise à 0,40 [m] du faux plafond.

Fréquence [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Niveau de puissance d'un diffuseur : L_D [dB]	45	45	44	40	37	26
Niveau de pression acoustique résiduel du au ventilateur à chaque diffuseur : L_{VD} [dB]	73	70	42	11	2	6
Niveau de puissance d'une bouche de reprise : L_R [dB]	43	43	42	38	35	24
Niveau de pression acoustique résiduel du au ventilateur au niveau de la bouche de reprise : L_{VR} [dB]	74	70	48	47	51	52
Temps de réverbération moyen en [s]	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
Directivité des diffuseurs : q_d	2	2,1	2,4	2,7	3	3,5
Directivité de la bouche de reprise : q_r	4	4	4	4	4	4
Pondération A pour bande d'octave ISO	-15,5	-8,5	-3	0	1	1
Niveau ISO 35 [dBA]	36,7	36,1	35,9	35	33,2	30,7

✓ TRAVAIL DEMANDE :

- 1 - Calculer le niveau de pression acoustique L_R [dB], par bande d'octave, du à la source « Reprise », au point d'écoute « P ».
- 2 - Calculer le niveau de pression acoustique L_D [dB], par bande d'octave, du aux diffuseurs, au point d'écoute « P ».
- 3 - En déduire le niveau de pression acoustique L_p au point d'écoute, pondéré A, relatif à l'association des différentes sources.
- 4 - Quelle conclusion pouvez-vous apporter ?

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS		Session 2005
Fluidique – énergétique – environnement		FEE2FLU
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page 5 sur 17

Partie n°5 – Etude de la climatisation

On s'intéresse, à nouveau à la CTA qui assure le renouvellement d'air pour l'ensemble des cellules. On rappelle que cette centrale est équipée d'un récupérateur aéraulique, destiné à assurer l'échange de chaleur, sans mélange, entre les 2 veines d'air (voir **Annexe 1 et 2**).

✓ Données de calculs :

Débit volumique de la centrale : $10000 \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$ ($\rho = 1,2 \text{ [kg} \cdot \text{m}^{-3}]$)

Conditions climatiques extérieures :

- HIVER : température sèche, $t_e = -9 \text{ [}^\circ\text{C]}$; Humidité relative $\varphi_e = 90 \%$
- ETE : température sèche, $t_e = 28 \text{ [}^\circ\text{C]}$; Humidité relative $\varphi_e = 45 \%$

On souhaite maintenir les conditions suivantes au soufflage (sortie centrale):

- HIVER : température sèche, $t_s = 19 \text{ [}^\circ\text{C]}$
- ETE : température sèche, $t_s = 24 \text{ [}^\circ\text{C]}$

L'humidité relative au soufflage doit être maintenue **au minimum** à 50% en toutes saisons.

Conditions sur l'air neuf en sortie du récupérateur:

- HIVER : température sèche, $t = 5 \text{ [}^\circ\text{C]}$
- ETE : température sèche, $t = 26 \text{ [}^\circ\text{C]}$

✓ TRAVAIL DEMANDE :

I – Etude des conditions HIVER

- I – 1 – Définir les équipements nécessaires en fonctionnement pour satisfaire les conditions souhaitées en **HIVER** en complétant le tableau réponse de l'**Annexe 9**.
- I – 2 – Tracer l'évolution de l'air sur l'**Annexe 9** en distinguant clairement les différentes étapes du processus d'évolution dans chaque élément de la centrale : récupérateur et équipements choisis.
- I – 3 – Calculer la puissance de ces équipements.

II – Etude des conditions ETE

- II – 1 – Définir les équipements nécessaires en fonctionnement pour satisfaire les conditions souhaitées en **ETE** sur le tableau réponse de l'**Annexe 9**.
- II – 2 – Tracer l'évolution de l'air sur l'**Annexe 9** en distinguant clairement les différentes étapes du processus d'évolution dans chaque élément de la centrale : récupérateur et équipements choisis.
- II – 3 – Calculer la puissance de ces équipements.

III - Complément d'équipements

Compléter le schéma de la CTA en mettant en place les équipements indispensables (voir questions **I-1** et **II-1**) sur l'**Annexe 2**.

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS		Session 2005
Fluidique – énergétique – environnement		FEE2FLU
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page 6 sur 17